



**Digitale Bibliothek Braunschweig**  
**Publikationsserver der TU Braunschweig**

Autor: Rolf Kloss

Titel: Elektrizität oder Wärme aus Biogas?

Institut: Institut für Technologie, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, 1982

Elektronisch veröffentlicht am: 09.05.2012

url: <http://www.digibib.tu-braunschweig.de/?docid=00043066>

Ursprünglich erschienen in:

5. Symposium Technische Mikrobiologie. Berlin, 28. – 30. September 1982.  
Tagungsberichte

## ELEKTRIZITÄT ODER WÄRME AUS BIOGAS?

R. Kloss

Institut für Technologie der Bundesforschungsanstalt für  
Landwirtschaft (FAL), Braunschweig-Völkenrode

### Zusammenfassung

Zur Erzeugung von 7 kW elektrischer Leistung mittels einer Biogasanlage benötigt man einen Tierbestand von etwa 120 Großvieheinheiten. Betrachtet man die derzeitige Marktsituation für Biogasmotore, so zeigt sich, daß in diesem Leistungsbereich selbst unter günstigsten Randbedingungen die Elektrizitätserzeugung aus Biogas völlig unökonomisch ist. Bei einer Verwertung des Gases zur ausschließlichen Wärmeherzeugung kann jedoch unter bestimmten Voraussetzungen mit einer Wirtschaftlichkeit gerechnet werden. Soll die kombinierte Elektrizitäts-Wärmeerzeugung gegenüber der reinen Wärmeherzeugung konkurrenzfähig werden, so bedarf es hierzu einer nicht unerheblichen technisch-wirtschaftlichen Verbesserung der Gasmotore sowie einer Verschiebung der Preisrelation von Heiz- und Elektroenergie.

### 1. Einleitung

In einem landwirtschaftlichen Betrieb gibt es nur wenige Verbraucher mit einem über das Jahr gesehen relativ ausgeglichenen hohen Energiebedarf. Eine der interessantesten Möglichkeiten der Gasverwertung ist in der Erzeugung von Wärme zur Heizung des Wohnhauses und der Betriebsgebäude zu sehen, da der Energiebedarf für diese Zwecke, verglichen mit dem übrigen betrieblichen Energiebedarf, recht bedeutend ist. Es sind hierdurch nennenswerte Einsparungen an Energie zu erwarten. Während jedoch eine Biogasanlage eine relativ gleichbleibende Leistung abgibt, ist der Leistungsbedarf für Hausheizungszwecke starken, jahreszeitlich bedingten Schwankungen unterworfen. Dies führt dazu, daß in solchen Fällen die von der Anlage bereitgestellte Leistung - selbst bei in technisch-wirtschaftlicher Hinsicht optimaler Anlagenauslegung - häufig nur zu 40-60 % genutzt werden kann. [1]. Da ein derart schlechter Biogasnutzungsgrad die Wirtschaftlichkeit einer Anlage stark vermindert, erscheint es zweckmäßig, das auf diese Weise nicht nutzbare Gas einer anderweitigen sinnvollen Verwendung zuzuführen, um damit die An-

lagenwirtschaftlichkeit zu erhöhen. Eine solche günstige Verwertungsmöglichkeit wird häufig in einer Verstromung des Biogases gesehen. Dies scheint besonders dann aussichtsreich zu sein, wenn der erzeugte Strom im eigenen Betrieb voll verwertet werden kann und nicht zu einem relativ niederen Tarif in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird. Daneben kann die bei der Stromerzeugung anfallende Motor- und Gegenstromwärme in hohem Maße ebenfalls zu Hausheizungszwecken genutzt werden.

## 2. Modellansatz zur Ermittlung der wirtschaftlichsten Form der Gasverwertung

Im praktischen Einsatzfall stellen sich damit dem Landwirt und seinen Beratern die Fragen, welcher Form der Gasverwertung der Vorzug zu geben und ob die gefundene Lösung wirtschaftlich ist.

Darüber hinaus ist eine Klärung der Fragestellung von Interesse, inwieweit allgemeingültige Aussagen über den Einsatzbereich der angesprochenen Formen der Gasverwertung getroffen werden können.

Diese Fragen werden im Rahmen dieses Aufsatzes näher untersucht. Sie lassen sich beantworten, wenn man die Größen, die die Wirtschaftlichkeit der Biogaserzeugung und -verwertung beeinflussen, kennt, ihre gegenseitigen Auswirkungen auf die Anlagenwirtschaftlichkeit in mathematischer Form beschreiben kann und durch Variation der Einflußgrößen innerhalb ihres in der Praxis auftretenden Wertebereiches die Wirtschaftlichkeit verschiedener Formen der Gasverwertung vergleichend betrachtet.

In diesem Sinne wurde verfahren. Es konnten mehr als vierzig Einflußgrößen ermittelt und in Form eines Modells zusammengeführt werden.

Die Grundlage des Modellansatzes basiert auf der Kapitalwertmethode. Nach SCHNEIDER [2] ist eine Investition betriebswirtschaftlich gesehen dann vorteilhaft, wenn der Kapitalwert dieser Investition größer oder zumindest gleich Null ist. Der Kapitalwert setzt sich dabei aus der Summe der während der Lebensdauer einer Anlage anfallenden abgezinsten jährlichen Einnahmen und Ausgaben abzüglich der erforderlichen Erstinvestition zusammen.

Im Falle der reinen Wärmebereitstellung ergeben sich die jährlichen Einnahmen aus den durch die Verfeuerung des Biogases entstehenden betrieblichen Energieeinsparungen. Als jährliche Ausgaben sind die bei der Bedienung der Anlage entstehenden Lohn- sowie die Reparatur und Betriebsmittelkosten zu nennen. Im Falle einer Gasverwertung durch eine kombinierte Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung mit Hilfe eines Blockheizkraftwerkes kommen weitere jährliche Einnahmen durch die Versorgung des Betriebes mit elektrischem Strom hinzu. Gleichzeitig entstehen aber auch durch den Betrieb des Aggregates zusätzliche jährliche Ausgaben und es erhöht sich die

Anfangsinvestition nicht unerheblich.

Wegen des bei den betrachteten Alternativen der Gasverwertung recht unterschiedlichen Investitionsbedarfs stößt jedoch ein Vergleich der verschiedenen Wege der Gasverwertung nach der reinen Kapitalwertmethode auf Schwierigkeiten. So ist denkbar, daß sich gleich oder ähnlich große Kapitalwerte durch den Einsatz verschieden hoher Investitionen erzielen lassen, ohne daß man sie wegen des im Vergleich zum Aufwand unterschiedlichen Nutzens als gleich vorzüglich einstufen kann.

Deshalb bietet sich als eine Möglichkeit zur Beurteilung der relativen Vorzüglichkeit unterschiedlicher Formen der Gasverwertung und ein Vergleich des Verhältnisses von Nutzen zu Aufwand dieser Alternativen an. Dieses Verhältnis läßt sich durch den Quotienten aus dem Kapitalwert des zu untersuchenden Falles und dem zugehörigen Investitionsbedarf beschreiben. Unter den verschiedenen Möglichkeiten besitzt diejenige die größte relative Vorzüglichkeit, bei der der Quotient den größten Wert aufweist. Diese Quotienten sollen im folgenden bezogene Kapitalwerte genannt und mit KG2 bezeichnet werden.

Ausgehend von dem Beispiel eines existierenden Betriebes soll nun die Wirtschaftlichkeit verschiedener Möglichkeiten der Gasverwertung betrachtet und in einem weiteren Schritt die gefundenen Resultate auf ihre allgemeine Aussagefähigkeit hin untersucht werden.

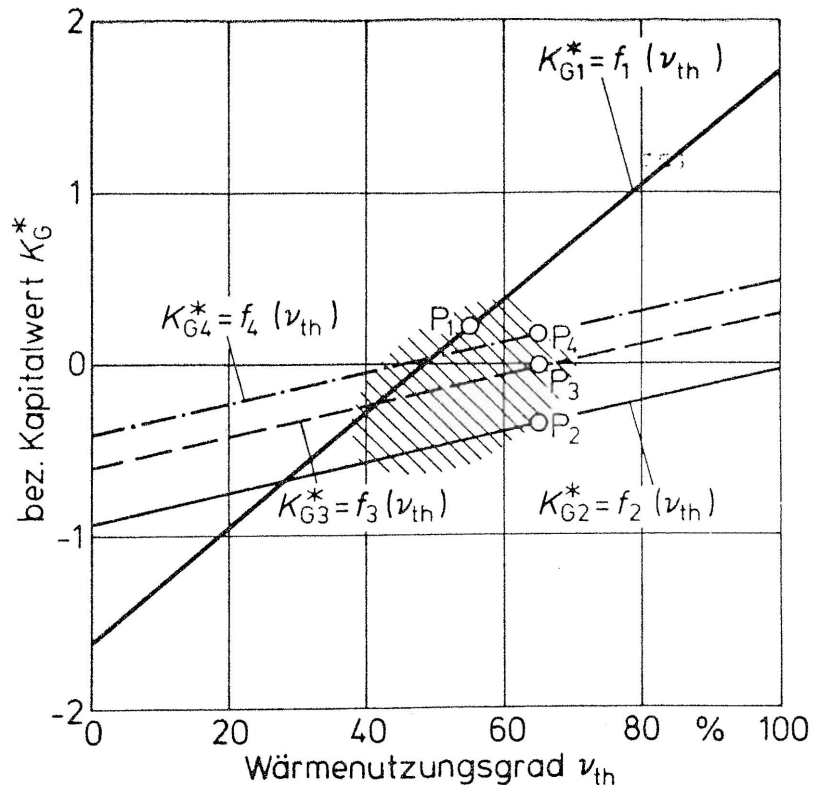
Bei dem untersuchten Betrieb handelt es sich um einen Schweinemastbetrieb mit einem Tierbestand von etwa 120 Großvieheinheiten. Der Energiebedarf besteht zum überwiegenden Teil aus Wärme zu Hausheizungszwecken und Elektrizität zur Stallbelüftung. Es werden jährlich 12.000 l Heizöl und tgl. 14 kW elektrischer Strom zur Grundlastabdeckung benötigt.

### 3. Ergebnisse

Abb. 1 gibt das Resultat der am vorstehend erläuterten Beispiel durchgeführten Betrachtungen wieder.

Die Funktion KG1 zeigt die Wirtschaftlichkeit der Biogaserzeugung in Abhängigkeit vom Grad der Nutzung der dem Betrieb bereitstellbaren Wärme für den Fall auf, daß das Gas ausschließlich verfeuert wird. Der Darstellung kann entnommen werden, daß die Funktion die Abszisse bei einem Wärmenutzungsgrad von etwa 50 % durchstößt und somit bei noch höherer Wärmenutzung eine Anlagenwirtschaftlichkeit sichergestellt ist. Der vom Betrieb tatsächlich erreichbare Wärmenutzungsgrad beträgt 55 % (vgl. Punkt P1). Die Wirtschaftlichkeit einer kombinierten Elektrizitäts-Wärmeerzeugung in Abhängigkeit vom Wärmenutzungsgrad wird durch die Geradengleichung KG2 dargestellt. Dabei wird auf der Seite der Elektrizitätserzeugung eine vollständige Nutzung unterstellt. Es ist zu sehen, daß die Funktion KG2 zu keiner Zeit die Abszisse schneidet und positive bzw. Kapitalwerte erreicht.

Abb. 1 Bezogener Kapitalwert in Abhängigkeit vom Wärmenutzungsgrad bei verschiedenen unter ausgewählten Randbedingungen betrachteten Gasverwertungsmöglichkeiten; der durch optimale Anlagenauslegung gewöhnlich erreichbare Bereich ist schraffiert dargestellt.



Daraus läßt sich schließen, daß die kombinierte Elektrizitäts-Wärmeerzeugung im vorliegenden Fall selbst bei absoluter Verwertung aller durch sie bereitstellbarer Energieformen völlig unwirtschaftlich ist. Der im Beispiel tatsächlich erreichbare Wärmenutzungsgrad beträgt 65 % und wird durch den Punkt P2 wiedergegeben.

Im Hinblick auf eine Verallgemeinerbarkeit der gefundenen Ergebnisse stellt sich nun die Frage, durch welche Faktoren die Grenzen des wirtschaftlichen Einsatzes der zwei in Abb. 1 dargestellten konkurrierenden Gasverwertungsmöglichkeiten verändert werden können.

Eine Möglichkeit ist in der Reduktion des Investitionsbedarfs der kombinierten Elektrizitäts-Wärmeerzeugung durch den Einsatz eines besser ausgelegten Energiespeichers zu sehen, da die Energiespeicher zur Abstimmung von Energiebedarf und -angebot infolge intuitiver Auslegung häufig stark überdimensioniert werden. Im vorliegenden Fall führt eine konkrete Überprüfung dieses Ansatzes jedoch nur zu einer unmerklichen Verschiebung von P2 in positiver Ordinatenrichtung [3]. Gelingt es jedoch, die Lebenserwartung des oben kalkulierten Gasmotors um 50 % zu steigern und seine Betriebskosten um die Hälfte zu senken, dann wird hierdurch die Funktion  $K_{G2}$  auffallend in den Bereich positiver Kapitalwerte verschoben, was durch die Gerade  $K_{G3}$  dargestellt wird. Ähnlich positiv beeinflußt werden die Grenzen des wirtschaftlichen Einsatzbereiches der kombinierten Elektrizitäts-Wärmeerzeugung, unterstellt man zusätzlich, daß die Elektro-

energie bei der heutigen Marktsituation gegenüber der Ölenergie um ca. 15 % unterbewertet wird (KG4). Betrachtet man unter diesem Gesichtspunkt die Bestimmungsgleichungen KG1 und KG4, so zeigt sich, daß durch eine Kombination gleichgerichteter technischer, wirtschaftlicher und preispolitischer Entwicklungen durchaus die Grenzen der kombinierten Elektrizitäts-Wärmeerzeugung so sehr verändert werden können, daß diese Form der Gasverwertung in ernsthafte Konkurrenz zur reinen Wärmeerzeugung treten kann (vgl. die Punkte P1 und P4 des Beispiels). Dies ist allerdings nicht der gegenwärtige Stand.

Wenngleich die kombinierte Elektrizitäts-Wärmeerzeugung gegenüber der reinen Wärmeerzeugung derzeit in dem betrachteten Einsatzbereich nicht konkurrenzfähig ist, so ist jedoch als weitere und letzte Möglichkeit der Gasverwertung denkbar, daß eine ausschließliche Verfeuerung des Biogases zu Zeiten hohen Wärmebedarfs kombiniert mit einer Nutzung mittels eines Blockheizkraftwerkes zu Zeiten hohen Elektrizitäts- und geringen Wärmebedarfs die ideale Lösung darstellt. Untersucht man diese dritte Gasnutzungsvariante in Form einer wechselweisen Wärme- und Elektrizitäts-Wärmeerzeugung für das vorliegende Beispiel, dann zeigt sich, daß sie noch schlechter abschneidet als die kombinierte Elektrizitäts-Wärmeerzeugung. Unter anderen betrieblichen Randbedingungen besteht jedoch durchaus die Möglichkeit, daß sich diese Situation wenn auch nur geringfügig umkehrt.

#### 4. Konsequenzen

Aus den vorstehenden Betrachtungen läßt sich zusammenfassen und folgern:

Im Bereich hoher Gasnutzungsgrade stellt die Wärmebereitstellung aus Biogas die beste Form der Gasnutzung dar. Im Bereich von Tierbeständen mit 100 GV ist sie derzeit selbst bei Wärmenutzungsgraden um 50 % der kombinierten Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung weit überlegen. Der Einsatz einer kombinierten Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung oder der wechselweisen Wärme- bzw. Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung kann in diesem Fall nur dann konkurrenzfähig werden, wenn technische Verbesserungen eine erhebliche Verringerung des Reparaturaufwandes und eine Erhöhung der Lebensdauer bei unwesentlicher Steigerung des Investitionsbedarfs bewirken. Darüber hinaus muß die erzeugte elektrische Energie vollständig von dem Betrieb verwertet werden können. Die Einspeisung der elektrischen Energie in das öffentliche Netz ist eine wesentlich ungünstigere Variante.

Bezieht man in die vorstehenden Überlegungen die spezifischen Gegebenheiten landwirtschaftlicher Betriebe [4] mit ein und betrachtet man gleichzeitig die derzeitige Marktsituation für Gasmotoren, so kann man sagen, daß eine Erzeugung elektrischer Energie im Vergleich zur reinen Wärmebereitstellung bei Betrieben, deren elektrischer Leistungsbedarf bei 7 kW

liegt, nicht interessant ist. Um diese Leistung erzeugen zu können, muß der Betrieb zudem über einen Tierbestand von etwa 120 GV verfügen.

Diese Aussagen treffen nicht nur auf Schweinemastbetriebe zu, sondern gelten auch für Milchvieh, Bullen und Rinder haltende Betriebe, da sich die Leistung von mit den Exkrementen aus diesen Tierhaltungen beaufschlagten Reaktoren durchaus mit denen Schweineflüssigmist verarbeitender Anlagen messen kann [5-10].

### Literatur

- [1] Kloss, R.: Planung von Biogasanlagen zur Energiebereitstellung am Beispiel eines Schweinemastbetriebes. Grdlg.Landt. 31 (1982) Nr. 2, S. 64-74
- [2] Schneider, E.: Wirtschaftlichkeitsrechnung - Theorie der Investition. 7. Aufl., Zürich: Schultheß 1968
- [3] Kloss, R.: Strom oder Wärme aus Biogas? Ein Modell als Planungshilfe zur Ermittlung der in technisch-wirtschaftlicher Hinsicht optimalen Form der Gasverwertung. Grdlg.Landt. 32 (1982) Nr. 2, S. 29-41
- [4] Baader, W. u. R. Kloss: Assessment of biogas installations in the Federal Republic of Germany. Bericht für die Kommission der Europäischen Gemeinschaft, Braunschweig 1982; unveröffentlicht
- [5] Maurer, K. u. G. Enssle: Biogasanlage Erlenhof - Ergebnisse und Erfahrungen aus einjähriger Betriebszeit. Landtechnik 36 (1981) Nr. 7/8, S. 349-353
- [6] Gosch, A.; Agostini, G. u. W. Weber: Anaerobe Behandlung von Flüssigmist aus Massentierhaltungen (Rindergülle). Firmenschrift der Agro-Fermenttechnik AG (AFAG), Ahlen, Westfalen, 1980
- [7] Baader, W.: Erste Erfahrungen mit einem vollständig gefüllten vertikal durchströmten Biogasreaktor. Grdlg.Landt. 31 (1981) Nr. 2, S. 50-55
- [8] Van Velsen, A.F.M.: Anaerobic digestion of piggery waste. Neth.J.Agric.Sci. 25 (1977) S. 151-169
- [9] Summers, R. u. S. Bousfield: A detailed study of piggery waste anaerobic digestion. Agricultural Waste (1980) Nr. 2, S. 61-78
- [10] Summers, R. u. S. Bousfield: Anaerobic digestion of farmwastes - experimental experiences. Seminar on Anaerobic Digestion of Farm Wastes, 18./20. Oktober 1978, Cardington, U.K.